نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 721-703

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 703-721

اثرات تنش رطوبتی و کاربرد کود دامی بر شاخص‌های رشدی و تجمع وزن خشک دو گونه آویشن باغی(*Thymus vulgaris* L.) و دنایی (*Thymus daenensis* celak.)

مهدیه عسکری[1]، محمدعلی بهدانی[2*]، سهیل پارسا[3]، مجید جامی الاحمدی[4]، سهراب محمودی[4]

تاریخ دریافت: 1395/12/20
تاریخ پذیرش: 1396/04/11

عسکری، م.، بهدانی، م.ع.، پارسا، س.، جامی الاحمدی، م.، و محمودی، س. 1398. اثرات تنش رطوبتی و کاربرد کود دامی بر شاخص‌های رشدی و تجمع وزن خشک دو گونه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) و دنایی (*Thymus daenensis*). بوم‌شناسی کشاورزی. 11 (2): 721-703.

چکیده

یکی از دقیق‌ترین راه‌های مطالعه واکنش گیاهان به شرایط محیطی ارزیابی شاخص‌های رشدی می‌باشد. به همین منظور حاضر با هدف بررسی اثرات تنش رطوبتی و کود دامی بر برخی شاخص‌های رشدی و تجمع وزن خشک دو گونه گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) و آویشن دنایی (*Thymus daenensis* celak.) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال زراعی 1394 اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل سطوح رطوبتی (100، 67 و 33 درصد ظرفیت زراعی)، گونه‌های آویشن (دنایی و باغی) و کود دامی (کود گاوی) (عدم کاربرد و کاربرد 30 تن در هکتار) بودند. تنش باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR)، سطح ویژه برگ (SLA)، نسبت وزن برگ (LWR) و تجمع وزن خشک کل (TDM) گردید و تنها تأثیر غیر معنی‌داری بر سرعت رشد نسبی (RGR) داشت. تیمار کود دامی تأثیر مثبتی بر شاخص‌های رشد و افزایش TDM داشت و به همین دلیل مصرف کودهای دامی در مدیریت منابع غذایی و رطوبتی و در شرایط تنش خشکی جهت حصول عملکرد کمی مطلوب قابل توصیه می‌باشد. همچنین در بین دو گونه مورد آزمایش گونه آویشن دنایی با دارا بودن میزان بالاتر شاخص‌های رشدی(به‌استثناء نسبت وزن برگ) و دارا بودن تجمع وزن خشک بالاتر (TDM) نسبت به گونه آویشن باغی برتری داشت و به عنوان گونه برتر در این آزمایش معرفی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ

مقدمه

کم‌آبیاری یکی از راهکارهایی است که با آن می‌توان سطح زیر کشت گیاهان را گسترش داد و در مصرف آب آبیاری صرفه‌جویی نمود به طور کلی کم‌آبیاری یک راهکار مطلوب برای تولید محصول در شرایط کمبودآب است؛ به‌طوری‌که در این روش عملکرد گیاه آگاهانه کاهش داده می‌شود تا کاهش محصول در واحد سطح با افزایش سطح زیر کشت جبران شود(English et al., 1990). همچنین با توجه به خشک و نیمه‌خشک بودن آب و هوای اغلب نقاط ایران و کمبود آب به‌ویژه در بخش کشاورزی، تحقیق در زمینه استفاده از آب در این بخش امری ضروری است (Bahreininejad et al., 2013). یکی از دقیق‌ترین راه‌های مطالعه واکنش گیاهان به شرایط محیطی ارزیابی شاخص‌های رشدی می‌باشد (Karimi & Siddique, 1991).

آب یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در عملکرد است و تنش کمبود آب در گیاهان سبب کاهش سرعت رشد محصول، کاهش شاخص

1، 2، 3، 4 و 5- به‌ترتیب دکتری زراعت، استاد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i2.63227

سطح برگ[1] و نهایت، کاهش تولید می‌گردد (Stone et al., 2001). کاهش LAI، به‌عنوان یک مکانیسم مهم سازگاری در شرایط تنش خشکی مطرح است (Saxen, 2003). همچنین نوری‌اظهر و احسانزاده (Nouri azhar & Ehsanzede, 2007) با بررسی تغییرات شاخص‌های رشد ذرت در دو رژیم آبیاری گزارش کردند که کم‌آبی اثر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ دارد و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک وجود دارد. بحرینی‌نژاد و همکاران (Bahreininejad et al., 2013) نیز در مطالعه تأثیر تنش رطوبتی بر روی آویشن دنایی گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی و میزان شاخص سطح برگ گردید. ژو و همکاران (Xu et al., 2009) نیز کاهش سرعت رشد نسبی تحت تنش خشکی را گزارش نمودند و بیان کردند که سرعت رشد نسبی را می‌توان به عنوان شاخص مناسب در معرفی گیاهان با توانایی بهبود اثرات مخرب تنش معرفی نمود. حسین و همکاران (Hossainet al., 2011) گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش نسبت وزن برگ در گیاهان می‌گردد و چون این شاخص نشان‌دهنده نسبت وزن برگ به وزن خشک کل گیاه است و هرچه بزرگتر باشد نشان‌دهنده این است که گیاه به تولید برگ و سرمایه‌گذاری در برگ اهمیت بیشتری داده است و کاهش این صفت منجر به کاهش میزان فتوسنتز در گیاه می‌گردد. کیبی و همکاران (Kibe et al., 2006) نیز کاهش سرعت اسیمیلاسیون خالص و تجمع وزن خشک را تحت تأثیر تنش رطوبتی گزارش کردند. کاهش وزن خشک کل در طی کاهش سطوح رطوبتی می‌تواند مربوط به کاهش LAI تولیدی و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش‌های هوایی و محدود شدن بخش هوایی گیاه باشد (Ashraf & Foolad, 2007).

علاوه بر این آب یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که تأثیر عمده‌ای بر رشد و نمو و مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد و تنش خشکی میزان وزن خشک تولیدی و شاخص‌های رشدی گیاهان دارویی و معطر را کاهش می‌دهد (Jaleel et al., Sharafzade, 2011&2008). از میان گیاهان دارویی مهم می‌توان به گیاه آویشن اشاره کرد که از اهمیت زیادی در ایران و جهان برخوردار است (Ghasemi Pirbalouti et al., 2013) و این گیاه دارویی متحمل به خشکی می‌باشد (Letchamo, 1995). همچنین مواد غذایی خاک، خصوصیات فیزیکی خاک و ساختار خاکدانه‌ها تأثیر بسزایی در رشد ریشه، جذب آب و عناصر غذایی از خاک می‌گذارد و از این طریق بر روی وزن خشک کل در گیاه آویشن تأثیرگذار است (Figueiredo, 2008; Yeboah et al., 2014). همچنین مقدار مواد ارگانیکی موجود در خاک از فاکتورهای مهم در رشد و عملکرد گیاه آویشن می‌باشد (Corticchiato et al., 1998). به همین دلیل مدیریت مواد غذایی مورد نیاز گیاه و مطالعه تأثیر کودهای آلی به ویژه در شرایط تنش خشکی که مدیریت مصرف آب نیز مطرح می‌باشد و ارزیابی تأثیر این گونه مدیریت‌ها بر کمیت و کیفیت گیاهان دارویی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده به عبارت دیگر می‌توان با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، شرایط را به‌گونه‌ای فراهم نمود که گیاه تحت آن شرایط، به پتانسیل بالقوه خود نزدیک‌تر شده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را تولید کند (Fallah et al.,2007). کودهای حیوانی، قادر به افزایش قدرت نگهداری آب توسط خاک، کاهش تنش‌ها از جمله تنش خشکی (Macilwain, 2004)، بهبود ساختمان فیزیکی خاک (Pulleman et al., 2003) و تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه بوده و رشد و عملکرد گیاه را بهبود می‌بخشند (Turgut et al., 2005)به همین دلیل یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به منظور حصول عملکرد بالا و با کیفیت مطلوب به‌ویژه در مورد گیاهان دارویی ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. عناصر ضروری موجود در کودهای دامی در سطوح کافی برای تکمیل چرخه رشد گیاهان مورد نیاز بوده و تأثیر مهمی بر بهبود عملکرد کمی گیاهان دارد (Warman & Termeer., 2005). سانچز-رودریگو و همکاران (Sanchez-Rodrguez et al., 2010) گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی که رطوبت مورد نیازگیاه کاهش می‌یابد، کود دامی با نگهداری رطوبت قابل استفاده در خود، آن را در اختیار گیاه قرار می‌دهد و در کاهش اثرات منفی تنش خشکی مؤثر می‌باشد.

از آن‌جایی که گیاه آویشن، مخصوصاً آویشن دنایی بومی ایران و سازگار با شرایط آب و هوایی ایران می‌باشد و از آن‌جا که بخش زیادی از ایران در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارد مطالعه ارزیابی تأثیر تنش رطوبتی بر خصوصیات رشدی این گیاه از ضروریات اجرای این آزمایش بود.

مواد و روش‌ها

1- Leaf area index

آزمایش در سال زراعی 1394 به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند با عرض جغرافیایی53 درجه و32 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 13درجه و 55 دقیقه شرقی و با ارتفاع 1480 متر از سطح دریا انجام شد. فاکتورهای آزمایش: سطوح رطوبتی در سه سطح(100 درصد ظرفیت زراعی به‌عنوان شاهد، 67 و 33 درصد ظرفیت زراعی)، گونه آویشن (آویشن باغی *Thymus vulgaris* L. و دنایی *Thymus daenensis* celak.) و کود دامی در دو سطح (عدم مصرف کود و مصرف 30 تن در هکتار کود دامی) بودند که به صورت تصادفی در داخل کرت‌ها قرار گرفتند. هر بلوک شامل 12 کرت و هر کرت شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر و فاصله بین ردیف 0/5 متر و فاصله نشاءها روی خط کاشت 0/4متر بود. قبل از تهیه بسترکاشت، نمونه‌برداری از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک محل آزمایش برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی انجام گردید. نمونه‌ها به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل شده و میزان شاخص‌های مورد نیاز اندازه‌گیری شدند (جدول 1).

جدول1- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق 30-0 سانتی‌متری خاک

Table 1- Physical and Chemical analysis of the field soil (0-30 cm depth)

عمق(Cm) Depth	رس Clay (%)	سیلت Loam (%)	شن Sand (%)	بافت Texture	چگالی ظاهری $Db(g/cm^3)$	فسفر $P(mg.kg^{-1})$	پتاسیم قابل جذب K $(mg.kg^{-1})$	نیتروژن N (%)	SP (%)	FC (%)	ماده آلی OM	Ec dS/m	pH
0-30	12	38	50	لومی Loam	1.2	12	250	0.03	32	17	0.29	5.2	8.16

عملیات کاشت با استفاده از نشاهایی به طول 10 تا 12 سانتی‌متر که از موسسه پاکان بذر اصفهان تهیه شده بود، در خرداد ماه 1394 انجام گرفت. بلافاصله پس از کاشت هر کرت، عملیات آبیاری صورت گرفت و آبیاری دوم به فاصله سه روز بعد انجام شد. یک هفته بعد ازکاشت عملیات واکاری برای نشاهایی که خشک شده بودند، انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز در طول فصل رشد در چندین مرحله به صورت وجین دستی انجام گرفت. پس از استقرار گیاه اعمال تدریجی تنش خشکی آغاز گردید. برای اعمال تنش ابتدا سیستم آبیاری قطره‌ای در مزرعه احداث گردید. به‌طوریکه برای هر بوته در هر کرت قطره‌چکانی در نظر گرفته شد. آب ورودی به کرت‌ها به‌وسیله شیرهای تعبیه شده، کنترل گردید و علاوه بر آن با نصب کنتور حجمی، حجم آب آبیاری برای هر یک از تیمارها نیز کنترل گردید. زمان انجام آبیاری با نمونه گیری از عمق 30-0 سانتی‌متری خاک بوسیله اوگر و تعیین رطوبت وزنی خاک و همچنین با استفاده از تشتک تبخیر کلاس A انجام گردید. در پایان داده‌ها طبق مدل آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم شکل‌ها از نرم‌افزارهای(SAS (V9.1 و Excel استفاده گردید.

اندازه‌گیری شاخص‌های رشدی: شاخص سطح برگ با دستگاه سطح برگ اندازه‌گیری شد و سپس با توجه به فرمول‌های و محاسبه وزن‌های خشک مربوطه بقیه شاخص‌های رشدی محاسبه گردیدند.

روش‌های محاسبه آنالیزهای رشدی:

شاخص سطح برگ (LAI, Leaf area index):

$$LAI = LA/GA$$

سرعت رشد محصول (Crop growth rate, CGR): CGR =

$$W_2- W_1/ SA(t_2-t_1)$$

سرعت رشد نسبی (Relative growth rate, RGR): RGR =

$$CGR/TDM$$

سرعت آسیمیلاسیون خالص (Net assimilation rate, NAR):

$$NAR = CGR/LAI$$

سطح ویژه برگ (SLA)

$$SLA =(LA1/LW1 + La2/LW2)/2$$

نسبت وزن برگ(Leaf weight ratio, LWR)

$$LWR = LDw/TDM$$

تجمع وزن خشک کل (Accumulation of total dry weight): مجموع وزن خشک‌های طول مدت زمان اندازه‌گیری.

در روابط فوق، LA: سطح برگ (سانتی‌متر مربع)، LW: وزن

خشک برگ (گرم)، w_1 و w_2: وزن خشک گیاه در زمان‌های t_1، t_2 و GA: مساحت زمین و TDM: وزن خشک کل (Rahnama Ghahfarkhani, 2003).

اندازه‌گیری وزن خشک کل: در مراحل نمونه‌برداری، برای هر بوته پس از جداسازی تعداد ساقه‌های جانبی، تعداد برگ و تعداد گل در هر بوته، نمونه‌ها در پاکت‌های مجزا قرار داده شده و پس از خشک کردن نمونه‌ها در آون در دمای 37 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت؛ ابتدا وزن خشک برگ، ساقه و گل و در نهایت وزن خشک کل که مجموع وزن خشک برگ (تمامی برگ‌های گیاه، ساقه و گل) اندازه‌گیری گردید.

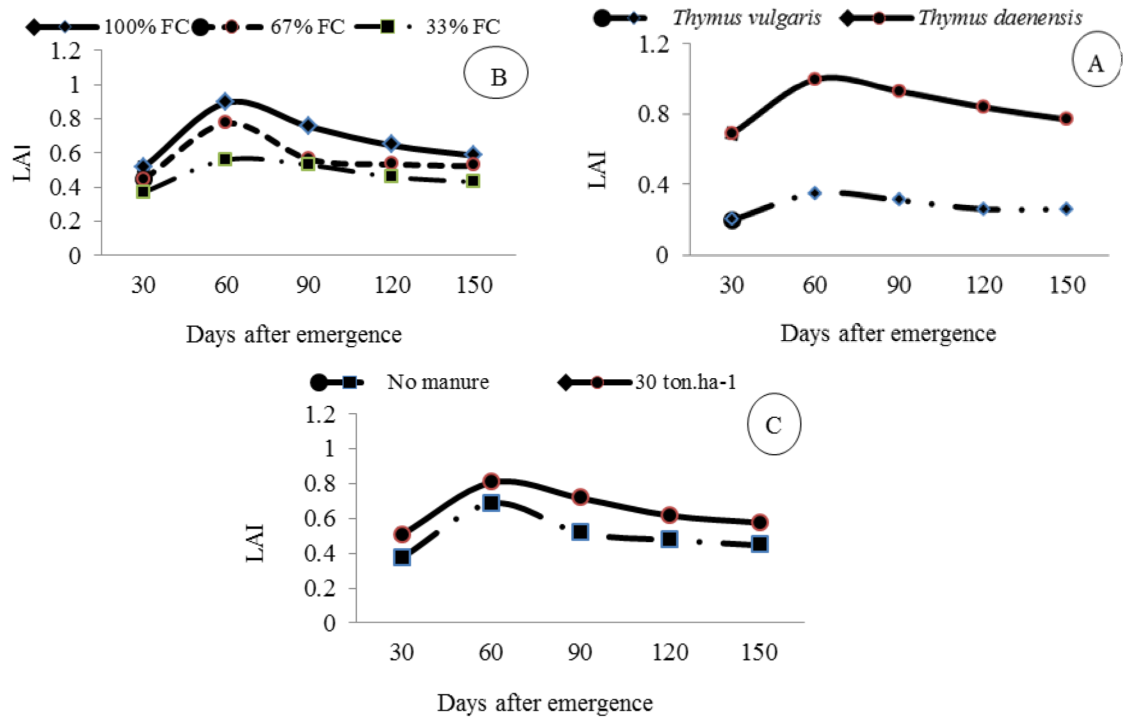
نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI): در تمامی تیمارها شاخص سطح برگ در ابتدا کم بوده و سپس افزایش داشت و با گذشت زمان LAI کاهش پیدا کرده (شکل 1 الف، ب و ج). اثر تنش رطوبتی در زمان‌های 30، 60، 90 و 150 روز پس از کاشت در سطح احتمال 1٪ و در 120 روز پس از کاشت در سطح احتمال 5٪ بر روی LAI معنی‌دار گردید (جدول 2). بیشترین و کمترین میزان LAI به‌ترتیب از تیمارهای 100 و 33 درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد و حداکثر اختلاف بین تیمارها در 60 روز پس از کاشت مشاهده شد (شکل 1 الف). اثرگونه نیز در تمامی روزهای اندازه‌گیری در سطح احتمال یک درصد بر روی LAI معنی‌دار گردید (جدول 2). بین دو گونه مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری وجود داشت و گونه آویشن دنایی میزان LAI بیشتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود (شکل 1 ب). همچنین اثر کود دامی نیز به استثناء روز 90 که در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار گردید، در بقیه روزها در سطح احتمال یک درصد بر روی LAI معنی‌دار گردید (جدول 2). تیمار 30 تن در هکتار کود دامی باعث افزایش LAI گردید (شکل 1 ج).

بروز تنش رطوبتی در زمان حداکثر شدن LAI اثر چندانی نداشت، بلکه در میزان LAI مؤثر بود؛ یعنی در تمامی تیمارهای تنش زمان رسیدن سطح برگ به حداکثر خود، تقریباً مشابه و تنها تفاوت در میزان LAI حداکثر بود که با تشدید تنش، این میزان کاهش پیدا کرد. چیمن وست گیت (Chapman & Westgate, 1993) گزارش کردند که کاهش سطح برگ تحت تنش رطوبتی می‌تواند به دلیل کاهش دوام سطح برگ و ریزش برگ‌ها باشد. دانشیان و همکاران (Daneshian et al., 2005) گزارش کردند که تنش کم آبی در مراحل مختلف نمو آفتابگردان شاخص سطح برگ گیاه را کاهش داد. با افزایش شدت تنش میزان پتانسیل فشاری آب داخل برگ‌ها که از عوامل افزاینده رشد سطح برگ معرفی شده است کاهش می‌یابد (Shao et al., 2008). نتایج این آزمایش با نتایج کاکر (Cakir, 2004) و شبیری و همکاران (Shabiri et al., 2007) مطابقت دارد. همچنین علت کاهش شاخص سطح برگ در اواخر فصل رشد را می‌توان به زرد شدن و پیر شدن و ریزش برگ‌ها نسبت داد. در اثر کاربرد کود دامی میزان LAI افزایش پیدا کرد که می‌تواند به دلیل نقش کود دامی در بهبود خصوصیات خاک و سیستم ریشه‌ای گیاه و جذب آب بیشتر توسط گیاه نسبت به شرایط عدم کاربرد کود باشد که منجر به تقلیل اثرات تنش در گیاه می‌گردد.

سرعت رشد محصول(CGR): نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از سرعت رشد محصول، نشان داد که اثرتنش رطوبتی،گونه وکود دامیبر سرعت رشد محصول در تمامی روزهای اندازه‌گیری معنی‌دار بود به‌طوری‌که سطوح معنی‌داری در تیمارهای تنش رطوبتی و گونه در تمامی روزهای اندازه‌گیری در سطح 1٪ و برای کود دامی به استثناء روز 120 در سطح 1٪ معنی‌دار گردید، در بقیه روزها در سطح 5٪ بود (جدول 2). در تمامی تیمارها با گذشت زمان سرعت رشد محصول بتدریج افزایش پیدا کرد و در 60 روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید و پس از آن روند کاهشی را طی کرد. بیشترین سرعت رشد محصول در تمامی دوران اندازه‌گیری از سطح 100 درصد ظرفیت زراعی و کمترین از سطح 33 درصد ظرفیت زراعی به دست آمد(شکل 2 الف). بین دو گونه مورد مطالعه در تمامی روزهای اندازه‌گیری (120-30 روز) گونه آویشن دنایی سرعت رشد محصول بالاتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود (شکل 2 ب). همچنین بین سطوح کودی، کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی باعث افزایش سرعت رشد محصول نسبت به عدم کاربرد کود دامی گردید (شکل 2 ج). علت بیشتر بودن سرعت رشد محصول در تیمار عدم تنش (100 درصد ظرفیت زراعی) نسبت به دو تیمار دیگر می‌تواند به‌خاطر دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی و در نتیجه تلاش گیاه برای گسترش کانوپی گیاه باشد (Kibe et al., 2006). پاندی و همکاران (Pandy et al., 2000) تنش خشکی را در مراحل مختلف رشد ذرت اعمال و گزارش کردند که کمبود شدید آب منجر به کاهش

سطح برگ و کاهش سرعت رشد محصول گیاه گردید.

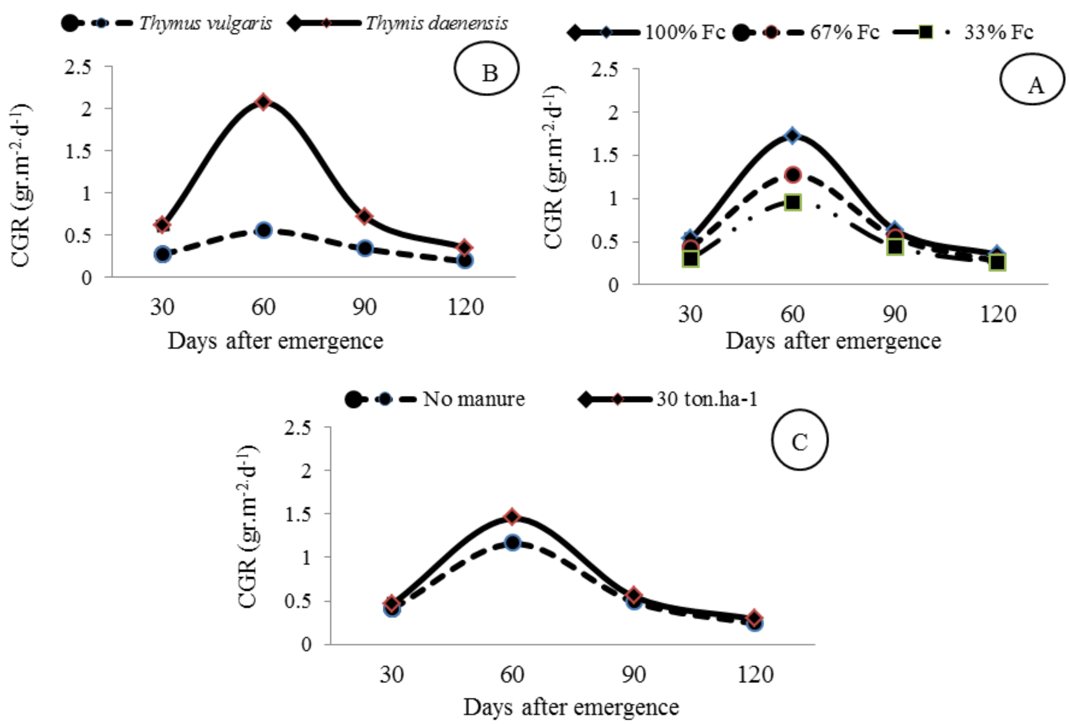


شکل1- روند تغییرات نسبت شاخص سطح برگ (LAI) دو گونه آویشن در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی (الف)، گونه (ب) و سطوح کود دامی (ج)

Fig. 1- The changes of leaf area index (LAI) of two thyme species at different treatments, water stress (a), species (b) and manure (c)

کاهش سرعت رشد محصول احتمالاً مربوط به کاهش فشار تورژسانس، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش سطح برگ و نهایتاً افت جذب عناصر غذایی در محیط تنش، می‌باشد که این شرایط منجر به کاهش سطح فتوسنتز کننده و کارایی اندام‌های فتوسنتزی برای تولید مواد فتوسنتزی می‌شود که نتیجه آن کاهش تولید ماده خشک و کاهش سرعت رشد محصول در تیمار تنش خشکی است (Pardo et al., 2000). در شرایط تنش رطوبتی با کاهش پتانسیل آبی گیاه، سرعت رشد گیاه به دلیل افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز کاهش می‌یابد. نتایج بررسی‌های توکلی و همکاران (Tavakoli et al., 1989)، پانو و سینگ (Pannu & Singh, 1993) و پناهیان و جاماتی (Panahyan & Jamaati, 2009) نیز مؤید کاهش سرعت رشد گیاه در شرایط تنش خشکی می‌باشد. تنش رطوبتی با تغذیه گیاهان مرتبط بوده و یکی از مهم‌ترین تأثیرات منفی تنش رطوبتی، کاهش دسترسی و جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه است (Pirzad et al., 2006). استفاده از کودهای طبیعی با منشأ زیستی اهمیت زیادی در حفظ ساختمان، فعالیت بیولوژیک، ظرفیت تبادل و نگهداری آب و در نهایت اصلاح ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک دارد (Haggai, 2004). کود دامی اغلب حاوی عناصر کم مصرف و پرمصرف لازم جهت فعالیت‌های حیاتی گیاه می‌باشد ضمن آن‌که بافت خاک را بهبود می‌بخشد، ظرفیت جذب آب را بالا می‌برد و محیط مناسبی برای گسترش ریشه فراهم می‌کند (Abou El-Magd et al., 2006; Fallah et al., 2007). افزایش سرعت رشد محصول تحت تأثیر تیمار کودی می‌تواند به دلایل بهبود ساختار فیزیکی خاک و افزایش محتوی ماده آلی و در نهایت بهبود سیستم ریشه‌ای گیاه باشد که جذب آب در گیاه را بالا برده و اثرات تنش رطوبتی را تا حدودی تقلیل می‌دهد (Goldani & Rezvani et al., 2007). به‌طور کلی این شاخص در ابتدای رشد محصول به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب نور، روندی کند داشته ولی بعدها با

افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره‌گیری بهتر از منبع نـور و توسـعه سیستم ریشه‌ای و بهره‌گیـری از منـابع داخـل خـاک (آب و عناصـر غذایی)، افزایش می‌یابد و در مراحل آخر رشد پس از رسیدن به نقطه اوج رشد به دلیل فتوسنتز کمتر و تولید ماده خشک کمتر، کاهش می یابد و حتی ممکن است روند تغییرات آن، منفی هم شود. سرعت رشد محصول زمانی به حداکثر مقدار خود می‌رسد که گیاه حـداکثر سـطح برگ خود را بـه دسـت آورده باشـد (Karimi & Azizi, 1991). در شرایط تنش رطوبتی و کاهش پتانسیل آب گیاه، سرعت رشـد گیـاه، سرعت رشد گیاه به دلیل افزایش تنفس محدودتر می‌شود.

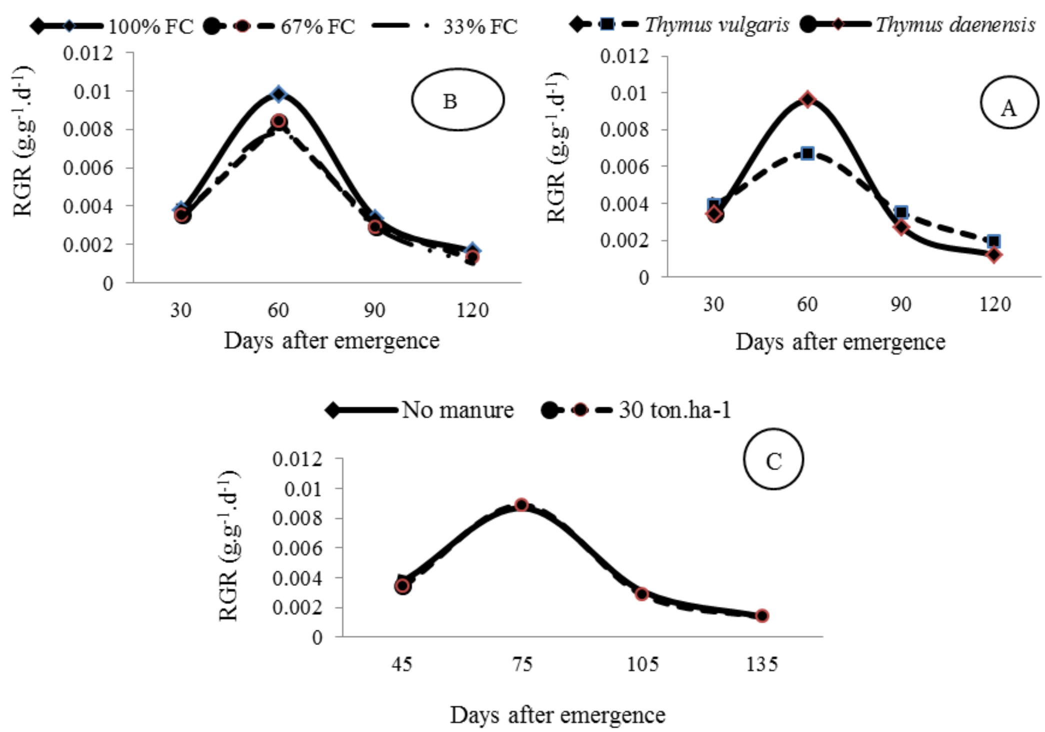


شکل2- روند تغییرات سرعت رشد محصول (CGR) در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی دو گونه آویشن (الف)، گونه (ب) و سطوح کود دامی (ج)

Fig. 2- The changes of crop growth rate (CGR) of two thymus species at different treatments, water stress (a), species (b), manure (c)

سرعت رشد نسبی(RGR):نتایج تجزیه واریانس داده‌هـای حاصل از سرعت رشد نسبی، نشان داد که در بـین تیمارهـای مـورد مطالعه اثر تنش رطوبتی در روزهای 30 و 60 درسطح 5٪ و اثر گونه در سطح احتمال 1٪ در تمامی روزهـای انـدازه‌گیـری معنـی‌دار بـود (جدول 2). همانطور که نتایج نشان داد بین سـرعت رشـد نسـبی دو گونه مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری وجود داشت (شـکل 3 ب) و در بین دو گونه مورد مطالعه گونه آویشن دنایی در 60 روز پس از کاشت سرعت رشد نسبی بیشتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بـود و پس از آن سرعت رشد نسبی در گونه آویشن باغی بیشـتر از آویشـن دنایی گردید و این می‌تواند به این دلیل باشـد کـه در گونـه آویشـن دنایی با گذشت زمان تجمع وزن خشک بیشتر از آویشن باغی شده و از آن‌جایی که سرعت رشد محصول هم با گذشت زمان کاهش پیـدا کرد بنابراین سرعت رشـد نسـبی در ایـن گونـه کـاهش پیـدا کـرده است(شکل 3 ب). به‌طور کلی، شیب خط منحنی سرعت رشد نسبی، بیانگر تجمع ماده خشک در زمان که در این آزمایش منحنی سرعت رشد نسبی گونه آویشن دنایی نسبت به آویشن باغی از شیب تندتری برخوردار بود که بیانگر قابلیت تجمع ماده خشک بیشتر در این گونـه است که منجر به عملکرد کمی (وزن خشک کل) بیشتر ایـن گونـه، شده است (شـکل 8 ب). سـرعت رشـد نسـبی شاخصـی از ظرفیـت فتوسنتزی و تنفسی گیاه است و به همین دلیل با افزایش سن گیاه و

افزایش مقدار تنفس در اواخر فصل رشد، مقدار سرعت رشد نسبی منفی می‌شود (Tesar, 1984). علاوه بر افزایش سن برگ‌ها و بالا رفتن نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های فعال کاهش نسبت سطح برگ (LAR) و کاهش میزان جذب خالص (NAR) نیز می‌تواند از دیگر دلایل کاهش سرعت رشد نسبی به‌صورت خطی باشند (Karimi & Siddique, 1991) هر چند با گذشت زمان مقدار وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد اما از سرعت رشد نسبی به‌دلیل افزایش نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های در حال رشد کاسته می‌شود (Rahnama Ghahfarkhani, 2003). اگر چه میزان سرعت رشد نسبی در تیمار عدم تنش رطوبتی نسبت به دو تیمار دیگر بیشتر بود ولی این تفاوت معنی‌دار نبود (شکل 3 الف). کم بودن میزان حساسیت سرعت رشد نسبی به تنش رطوبتی در گیاه آویشن توسط بحرینی‌نژاد و همکاران (Bahreininejad et al., 2015) گزارش شده است.



شکل 3- روند تغییرات سرعت رشد نسبی (RGR) در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی دو گونه آویشن (الف)، گونه (ب) و سطوح کو دامی (ج)

Fig. 3- The changes of Relative growth rate (RGR) of two species at different treatments, water stress (a), species (b) and manure (c)

سطح ویژه برگ (SLA): همانطور که در شکل 4 (الف، ب و ج) دیده می‌شود در تمامی تیمارها با گذشت زمان SLA کاهش پیدا کرده است. در بین زمان‌های اندازه‌گیری اثر تنش رطوبتی فقط در 150 روز پس از کاشت در سطح احتمال 5٪ معنی‌دار گردید اما در روزهای 30، 60، 90 و 120 پس از کاشت معنی‌دار نبود (جدول 2). بیشترین SLA در تمامی روزهای اندازه‌گیری از سطح شاهد (100 درصد ظرفیت زراعی) و کمترین از سطح 33 درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد و بیشترین میزان SLA در 90 روز پس از کاشت به‌دست آمد (شکل 4 الف). اثر گونه نیز در تمامی روزهای اندازه‌گیری بر روی SLA در سطح احتمال 1٪ معنی‌دار گردید (جدول 2). در بین دو گونه مورد مطالعه، گونه آویشن دنایی میزان SLA بالاتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود و بیشترین میزان SLA در 60 روز پس از کاشت به‌دست آمد (شکل 4 ب). همچنین تعداد برگ در گونه آویشن دنایی بیشتر از گونه آویشن باغی بود (Askary et al., 2016). در این آزمایش گونه آویشن دنایی سطح برگ بیشتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود و این موضوع می‌تواند دلیل بیشتر بودن SLA در این گونه باشد. هر چند اثر کود دامی بر روی SLA معنی‌دار نگردید (جدول 2)، ولی بیشترین میزان SLAاز تیمار 30 تن در هکتار کود دامی به‌دست آمد (شکل 4 ج).

جدول ۲ـ آنالیز واریانس (میانگین مربعات) تغییرات شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول(CGR)، سرعت رشد نسبی(RGR) و تغییرات سطح ویژه برگ (SLA) دو گونه آویشن تحت اثرات تنش رطوبتی و کود دامی

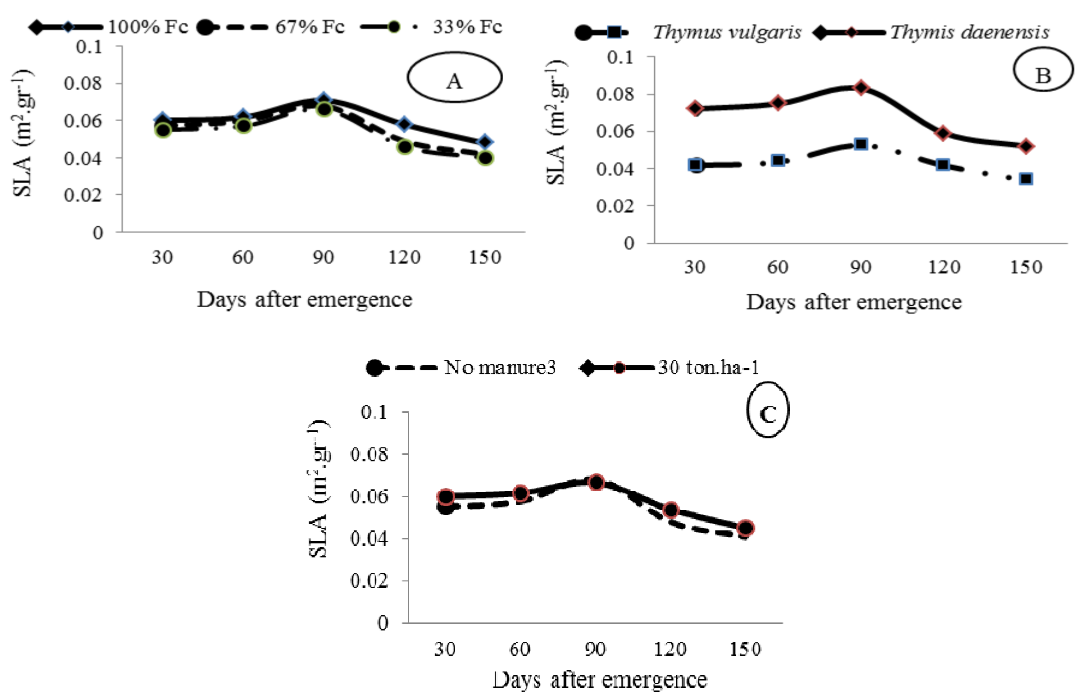
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for LAI, CGR, RGR and SLA of two thymus species affected as water stress and manure

		شاخص سطح برگ (LAI)					سرعت رشد گیاه (CGR)			
		روز پس از سبز شدن (Days after emergence)					روز پس از سبز شدن (Days after emergence)			
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	30	60	90	120	150	30	60	90	120
تکرار Replication	2	0.056**	0.063**	0.32**	0.072^{ns}	0.061**	0.028*	0.30^{ns}	0.022*	0.0093*
تنش رطوبتی Water stress	2	0.066**	0.078**	0.36**	0.18*	0.12**	0.092**	1.72**	0.10**	0.056**
گونه Species	1	2.082**	2.38**	5.79**	3.43**	3.094**	0.99**	20.59**	1.22**	0.20**
کود دامی Manure	1	0.15**	0.16**	0.13*	0.39**	0.19**	0.025*	0.73*	0.035*	0.028**
تنش رطوبتی × گونه Water stress× Species	2	0.011^{ns}	0.01^{ns}	0.23*	0.08^{ns}	0.027*	0.01^{ns}	0.99**	0.0079^{ns}	0.00081^{ns}
تنش رطوبتی × کود دامی Water stress× Manure	2	0.0008^{ns}	0.0055^{ns}	0.0037^{ns}	0.045^{ns}	0.0012^{ns}	0.00023^{ns}	0.0033^{ns}	0.0012^{ns}	0.00029^{ns}
گونه×کود دامی Species× Manure	1	0.024*	0.028*	0.021^{ns}	0.14^{ns}	0.036*	0.00068^{ns}	0.33^{ns}	0.000036^{ns}	0.000041^{ns}
تنش رطوبتی×گونه×کود دامی Water stress× Specie ×Manure	2	0.0001^{ns}	0.00079^{ns}	0.0044^{ns}	0.043^{ns}	0.0017^{ns}	0.00031^{ns}	0.0045^{ns}	0.0061^{ns}	0.00027^{ns}
خطای باقیمانده Error	22	0.0044	0.0061	0.044	0.039	0.0058	0.0049	0.16	0.0053	0.0016
ضریب تغییرات(%) C.V		14.87	15.03	28.1	28.3	13.75	15.8	28.4	13.59	14.62
منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	سطح برگ مخصوص (SLA)					سرعت رشد نسبی (RGR)			
تکرار Replication	2	0.0001^{ns}	0.0001^{ns}	0.0011*	0.00007^{ns}	0.00019 *	0.00011**	0.00033*	0.000045**	0.000005^{ns}
تنش رطوبتی Water stress	2	0.000049^{ns}	0.000037^{ns}	0.000063 ns	0.00038^{ns}	0.0012*	0.0000057 ns	0.00014^{ns}	0.0000012^{ns}	0.0000047^{ns}
گونه Species	1	0.0082**	0.0082**	0.0085**	0.0027**	0.0030**	0.000039**	0.0016**	0.00014**	0.000084**
کود دامی Manure	1	0.00019^{ns}	0.000063^{ns}	0.000011^{ns}	0.00028^{ns}	0.000080^{ns}	0.000015^{ns}	0.0000003^{ns}	0.000016^{ns}	0.00000026^{ns}
تنش رطوبتی × گونه Water stress× Species	2	0.000032^{ns}	0.000026^{ns}	0.00012^{ns}	0.00010^{ns}	0.000056^{ns}	0.0000015^{ns}	0.00019^{ns}	0.00000024^{ns}	0.00000299^{ns}
تنش رطوبتی × کود دامی Water stress × Manure	2	0.000013^{ns}	0.000043^{ns}	0.000022^{ns}	0.00013^{ns}	0.000050^{ns}	0.0000011^{ns}	0.0000078^{ns}	0.0000028^{ns}	0.00000008^{ns}
گونه×کود دامی Species× Manure	1	0.000038^{ns}	0.0000094^{ns}	0.00015^{ns}	0.000083^{ns}	0.000030^{ns}	0.000001^{ns}	0.000091^{ns}	0.00000031	0.00000019^{ns}
تنش رطوبتی×گونه×کود دامی Water stress × Specie × Manure	2	0.000010^{ns}	0.0000094^{ns}	0.000048^{ns}	0.00021^{ns}	0.000027^{ns}	0.0000018^{ns}	0.000008^{ns}	0.0000054^{ns}	0.00000059^{ns}
خطای باقیمانده Error	22	0.000069	0.000069	0.00023	0.00022	0.000051	0.000003	0.000071	0.0000048	0.0000027
ضریب تغییرات(%) CV		14.4	13.96	22.19	28.5	16.61	10.71	20.89	13.59	20.55

ns، *و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند

*and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively, ns: Non- Significant

به نظر می‌رسد که افزایش رشد رویشی و نیز جوان بودن برگ‌های تولید شده در این زمان (90 روز پس از کاشت) باعث افزایش این شاخص شد که نشان‌دهنده جوان بودن برگ‌هاست و پس از آن با کاهش سرعت رشد رویشی و تولید برگ‌های خشبی و مسن سطح ویژه برگ کاهش یافت. در شرایط تنش خشکی، گیاه با کاهش تعداد و کوچک‌تر کردن برگ، سطح فتوسنتز کننده خود را کاهش می‌دهد و متعاقب کاهش سطح برگ، ظرفیت فتوسنتزی کاهش می‌یابد و این رویداد باعث تلفات بیشتر برگ و کاهش سطح فتوسنتزکننده می‌گردد (Gordner et al., 1985). به‌طور کلی، سطح مخصوص برگ، عبارتست از نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ که نشان‌دهنده نازکی برگ است. در واقع سطح مخصوص برگ نسبت بافت‌های فتوسنتز کننده را به وزن بافت‌های فتوسنتز کننده نشان می‌دهد. بنابراین هر چه SLA بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که سطح برگ بیشتر و وزن خشک آن کمتر است و به عبارت دیگر، دارای سطح زیاد و ضخامت کم است. بنابراین با کاهش SLA کارایی برگ از لحاظ فتوسنتزی افزایش می‌یابد. چون هرچه SLA کمتر شود ضخامت برگ بیشتر، غلظت کلروپلاست و همچنین کلروفیل بیشتر و تراکم سلول‌های فتوسنتزکننده افزایش می‌یابد و در نتیجه تلفات نور کاهش می‌یابد (Karimi et al., 1991). از آن‌جایی‌که با گذشت زمان برگ‌ها ضخامت بیشتری پیدا می‌کنند، کاهش SLA با گذشت زمان توجیه‌پذیر است.



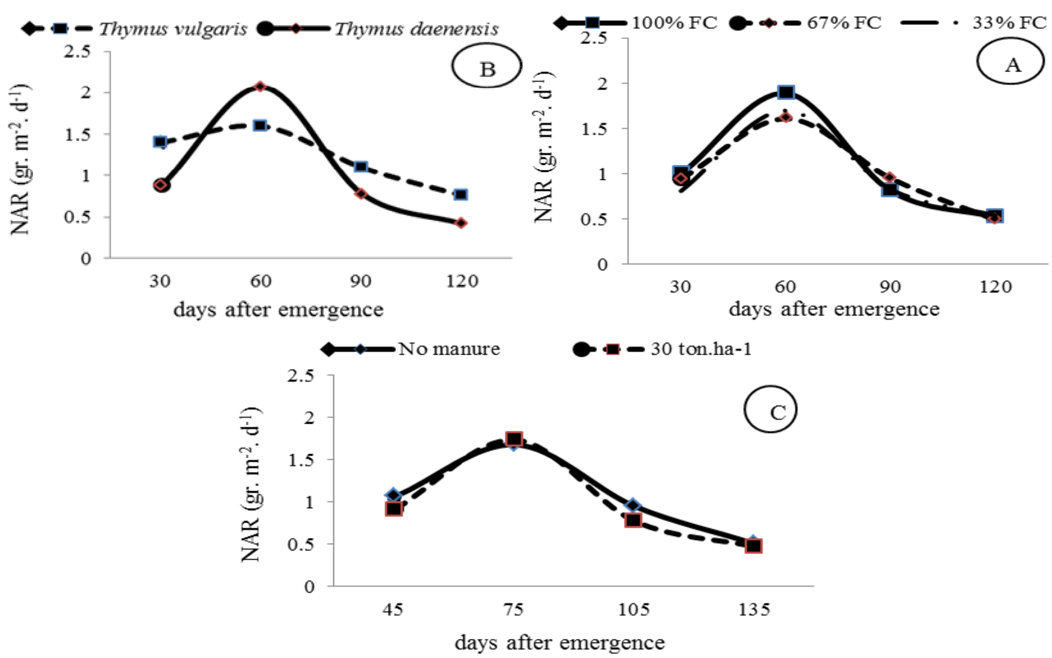
شکل 4- روند تغییرات سطح ویژه برگ (SLA) در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی (الف)، گونه (ب) و سطوح کو دامی (ج).

Fig 4: The changes of Specific leaf area (SLA) at different treatments, water stress (a), species (b), manure (c).

سرعت آسیمیلاسیون خالص(NAR): اثر تنش رطوبتی در 60 روز پس از کاشت در سطح احتمال 5٪ معنی‌دار گردید، اما در روزهای 30، 90 و 120 پس از کاشت معنی‌دار نبود (جدول 3). بیشترین سرعت آسیمیلاسیون خالص در تمامی روزهای اندازه‌گیری از سطح شاهد (100 درصد ظرفیت زراعی) و کمترین از سطح 33 درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد و بیشترین میزان NAR در 60 روز پس از کاشت‌به‌دست آمد می‌تواند به‌این دلیل باشد که هر چند با افزایش سطح تنش رطوبتی سرعت آسیمیلاسیون خالص کاهش پیدا

کرد، شاخص سطح برگ هم نیز کاهش پیدا کرد و باعث شد که با گذشت زمان تفاوت معنی‌داری بین سطوح رطوبتی در سرعت آسیمیلاسیون خالص وجود نداشته باشد (شکل 5 الف). اثر گونه نیز در تمامی روزهای اندازه‌گیری بر روی NAR معنی‌دار گردید (جدول 3). در بین دو گونه مورد مطالعه، گونه آویشن باغی میزان NAR بالاتری را نسبت به گونه آویشن دنایی دارا بود و بیشترین میزان NAR در 60 روز پس از کاشتبه‌دست آمد (شکل 5 ب). در این آزمایش نیز گونه آویشن دنایی شاخص سطح برگ بیشتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود و این موضوع می‌تواند دلیل کمتر بودن NAR در این گونه باشد. همچنین اثر کود دامی بر روی NAR فقط در 30 و 90 روز پس از کاشت معنی‌دار گردید و در بقیه روزها بین شرایط کاربرد کود و عدم کاربرد کود تفاوتی وجود نداشت (جدول 3). آنچه که مشخص است در تمامی تیمارهای مورد آزمایش، با گذشت زمان مقدار NAR کاهش پیدا کرده است (شکل 5 الف، ب و ج). میزان NAR نشان‌دهنده مقدار ماده خشک خالص ساخته شده در واحد سطح برگ در واحد زمان می‌باشد. کاهش NAR با افزایش سن گیاه می‌تواند مربوط به افزایش میانگین سن برگ‌ها و افت راندمان فتوسنتزی برگ باشد. مهمترین دلیل روند این تغییرات این است که در اوایل فصل رشد، با توجه به سایه اندازی کمتر و دریافت حداکثر تشعشع خورشیدی سرعت جذب خالص نسبت به مراحل بعدی رشد از میزان بالاتری برخوردار است و به تدریج با افزایش ارتفاع گیاهان کارایی فتوسنتزی برگ‌ها کاهش می‌یابد. از آن‌جا که سرعت آسیمیلاسیون خالص رابطه مستقیمی با میزان فتوسنتز دارد، هر گونه عاملی مثل تنش رطوبتی باعث کاهش راندمان فتوسنتز شود از سرعت آسیمیلاسیون خالص می‌کاهد. نتایج مشابهی از کاهش میزان NAR در اثر تنش خشکی بر روی سایر گیاهان گزارش شده است (Kibe et al., 2006; Stone et al., 2001).

نسبت وزن برگ(LWR): در تمامی تیمارهای مورد آزمایش، با گذشت زمان مقدار LWR کاهش پیدا کرده است (شکل 6 الف، ب و ج). اثر تنش رطوبتی در روزهای 90، 120 و 150 روز پس از کاشت در سطح احتمال 5٪ معنی‌دار (جدول 4).



شکل 5- روند تغییرات سرعت اسیمیلاسون خالص (NAR) در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی دو گونه آویشن (الف)، گونه (ب) و سطوح کود دامی (ج)

Fig. 5- The changes of Net Assimilation Rate (NAR) of two thymus species at different treatments, water stress (a), species (b) and manure (c)

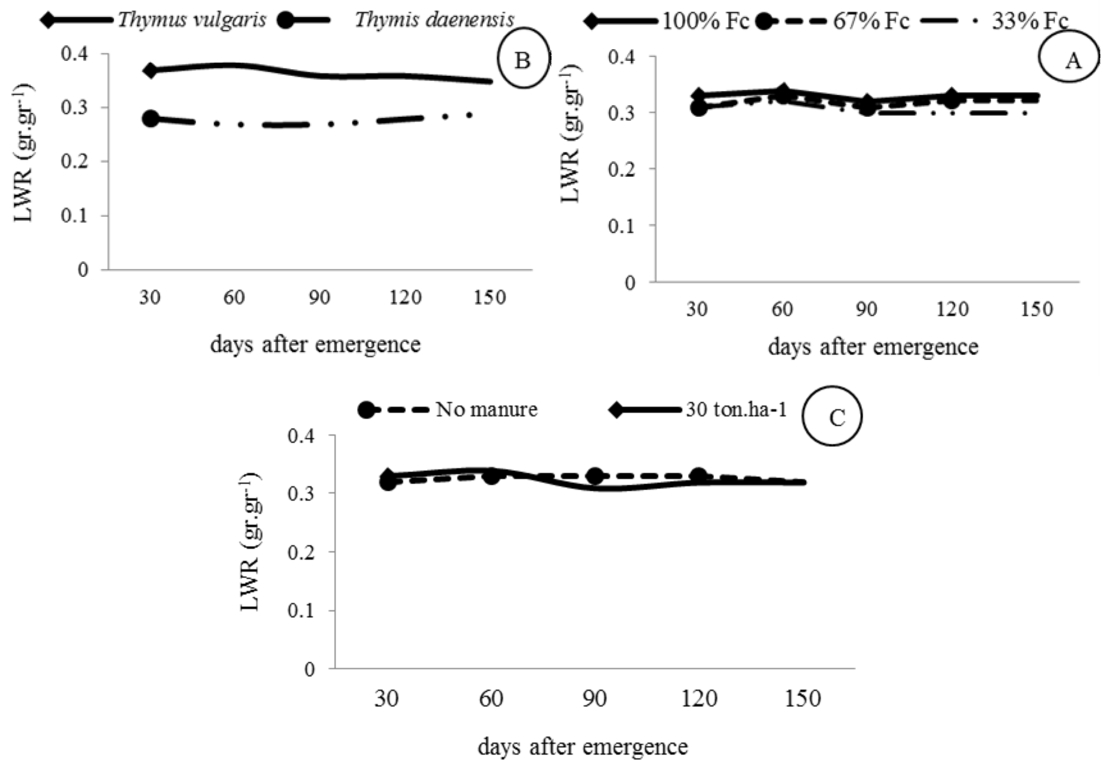
جدول 3- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) تغییرات سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR) تحت تاثیر تنش رطوبتی و کود دامی
Table 3-Analysis of variance (means of squares) for the NAR in this study of two thymus species affected as water stress and manure

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	روزهای پس از کاشت Days after planting 30	60	90	120
تکرار Replication	2	10.73**	69.64**	9**	0.38 ns
تنش رطوبتی Moisture stress	2	0.31 ns	6.28*	0.54 ns	1.16 ns
گونه Species	1	25.81**	32.11*	25.83**	18.63**
کود دامی Manure	1	4.48*	0.023 ns	2.27 ns	0.58 ns
تنش رطوبتی × گونه Moisture stress× Species	2	0.038 ns	3.003 ns	1.09 ns	0.71 ns
تنش رطوبتی × کود دامی Moisture stress× Manure	2	0.27 ns	3.71 ns	0.41 ns	0.22 ns
گونه×کود دامی Species× Manure	1	0.0038 ns	8.79 ns	0.00092 ns	0.22 ns
تنش رطوبتی×گونه×کود دامی Moisture stress× Species× Manure	2	0.098 ns	0.63 ns	0.55 ns	0.24 ns
خطای باقیمانده Error	22	0.63	9.69	0.84	0.46
ضریب تغییرات C.V (%)		15.38	28.5	20.1	24.29

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد هستند.

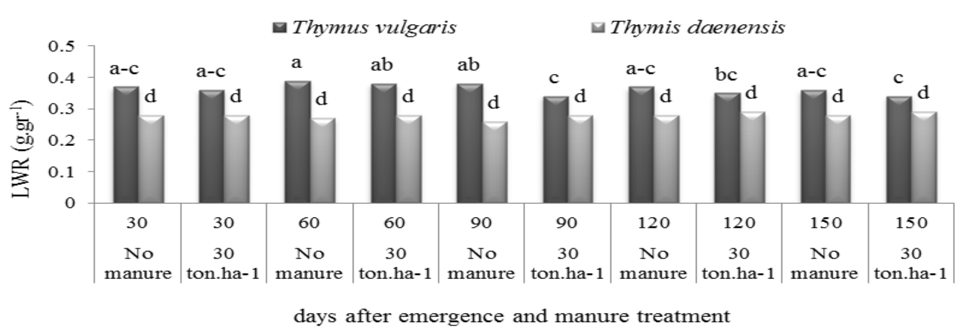
*and **: Significant at the 5% and 1% probability levels and ns: non- significant, respectively.

بیشترین LWR در تمامی روزهای اندازه‌گیری از سطح شاهد(100 درصد ظرفیت زراعی) و کمترین از سطح 33 درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد و بیشترین میزان LWR در هر سه سطح تنش رطوبتی، از 60 روز پس از کاشت به‌دست آمد (شکل 6 الف). اثر گونه نیز در تمامی روزهای اندازه‌گیری بر روی LWR در سطح احتمال 1٪ معنی‌دار گردید (جدول 4). در بین دو گونه مورد مطالعه، گونه آویشن باغی میزان LWR بالاتری را نسبت به گونه آویشن دنایی دارا بود(شکل 6 ب). گونه آویشن دنایی وزن خشک کل بیشتری را نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود و از آن‌جایی که LWR از نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک کل به‌دست می‌آید، کمتر بودن LWR در گونه آویشن دنایی قابل قبول است (شکل 6 ب). همچنین در بین اثرات متقابل اثر گونه در کود دامی بر روی LWR در روز 90 در سطح احتمال 1٪ و در روزهای120 و 150 در سطح احتمال 5٪ بر روی LWR معنی‌دار گردید (جدول 4). بیشترین میزان LWR از گونه آویشن باغی در شرایط عدم کاربرد کود دامی و در 60 روز پس از کاشت به دست آمد (شکل 7). همچنین در گونه آویشن دنایی بین سطوح کودی تفاوتی وجود نداشت و کم بودن این صفت در این گونه نشان می‌دهد که این گونه روی بقیه اندام‌ها از قبیل ساقه و گل سرمایه‌گذاری کرده است که منجر به وزن اندام هوایی بیشتر در این گونه شده و از آن‌جایی هم که LWR از نسبت وزن خشک برگ به وزن خشک کل به‌دست می‌آید کمتر بودن این صفت در این گونه توجیه‌پذیر است. به‌طور کلی LWR شاخصی از میزان دارایی برگ در قبال وزن خشک گیاه است و چون معیار بافت‌های فتوسنتز کننده است لذا معیاری از سرمایه تولید کننده گیاه محسوب می‌شود (Hossain et al., 2011).



شکل 6- روند تغییرات نسبت وزن خشک برگ(LWR) در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی دو گونه آویشن (الف) و گونه (ب) و کود دامی (ج)

Fig. 6- The changes of leaf weight ratio (LWR) of two thymus species at different treatments, water stress (a), species (b), manure (c)

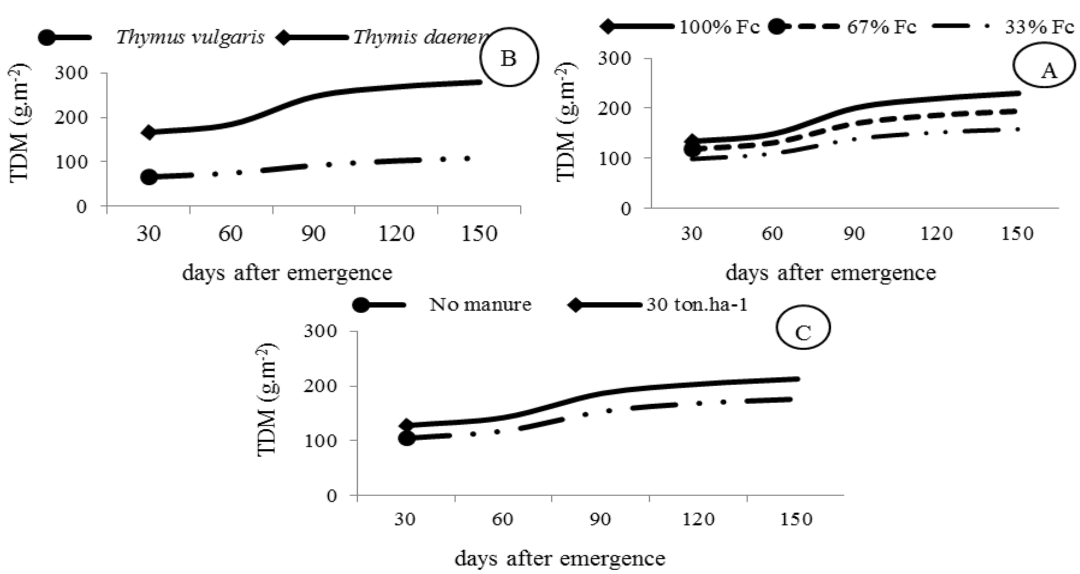


شکل 7- اثر متقابل گونه در کود دامی بر روی نسبت وزن خشک برگ (LWR)

Fig. 7- The interaction species in manure on leaf weight ratio (LWR)

تجمع وزن خشک کل (TDM): نتایج واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تنش رطوبتی، گونه و کود دامی در سطح احتمال 1٪ بر روی تجمع وزن خشک کل می‌باشد (جدول 4). اثر تنش رطوبتی نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین سطوح تنش بود. به‌طور کلی اثرات تنش رطوبتی بر تجمع وزن خشک مشهود بود و با رسیدن از تیمار 100 به 33 درصد ظرفیت زراعی میزان این صفت کاهش پیدا کرد ولی تجمع وزن خشک در طول زمان افزایشی بود (شکل 8 الف) و می‌تواند به دلیل افزایش وزن خشک برگ، ساقه و گل در طول زمان باشد. اثر معنی‌دار گونه نیز نشان‌دهنده تفاوت بین دو گونه می‌باشد و گونه آویشن دنایی میزان تجمع وزن خشک بیشتری را در طول زمان نسبت به گونه آویشن باغی دارا بود (شکل 8 ب). همانطور که در نتایج مشخص است گونه آویشن دنایی سطح برگ (شکل 1ب)،

سرعت رشد محصول (شکل 2 ب) بیشتری را دارا بود و همین عوامل باعث وزن خشک بیشتر در این گونه شده است. همچنین گونه آویشن دنایی در ابتدای کاشت سرعت استقرار و شانس بقاء بالاتری را نسبت به آویشن باغی دارا بود و همین عوامل احتمالاً باعث تولید بیشتر و گسترش بیشتر در این گونه شده و این گونه گسترش جانبی بیشتری (تعداد شاخه جانبی و تعداد برگ بیشتر) را دارا بود که در نهایت منجر به افزایش وزن خشک در این گونه در طول زمان شده است. همچنین در بین تیمارهای کودی کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی باعث افزایش این صفت نسبت به شرایط عدم کاربرد کود گردید (شکل 8 ج). به‌طور کلی، وزن خشک گیاه، نشان‌دهنده توانایی گیاه در تولید و ذخیره مواد پرورده ساخته شده در طی فصل رشد است و تولید ماده خشک گیاهی به عنوان تابعی از نور جذب شده در طول دوره رشد و راندمان استفاده از نور تحت تأثیر ساختار کانوپی و شرایط محیطی است (Beheshti et al., 2002). با کاهش رشد سلول تحت تنش خشکی، اندازه اندام‌های هوایی گیاه محدود شده و همین دلیل است که موجب کاهش وزن خشک تولید شده در گیاه می‌گردد (Ashraf & Foolad, 2007). همچنین در شرایط تنش خشکی رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد (Mandal, et al., 2008) و متعاقب با کاهش سطح برگ، جذب نور توسط گیاه کاهش می‌یابد، علاوه بر این کارایی مصرف نور نیز کاهش یافته و نهایتاً میزان فتوسنتز کل در گیاه نیز کاهش پیدا می‌کند و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً وزن خشک گیاه کاهش پیدا می‌کند (Ashraf & Foolad, 2007). بحرینی‌نژاد و همکاران (Bahreininejad et al., 2013) گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش وزن خشک اندام هوایی آویشن دنایی می‌گردد. استفاده از کودهای دامی از طریق افزایش میزان ماده آلی خاک، ایجاد تعادل مناسب بین عناصر موجود در خاک و نیاز گیاه و نیز بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک باعث افزایش حاصلخیزی و باروری خاک و در نهایت باعث افزایش وزن خشک می‌شوند (Fallah et al., 2007; Hendawy et al., 2010; Hossain, 2011). کودهای حیوانی، قادر به افزایش قدرت نگهداری آب در خاک، کاهش تنش‌ها از جمله تنش خشکی، بهبود ساختمان فیزیکی خاک به همراه تأمین بخشی از مواد غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشند که در نهایت، رشد گیاه را بهبود بخشیده و منجر به افزایش وزن خشک گیاه می‌گردند (Turgut et al., 2005). همچنین ترکیبات موجود در کود دامی باعث سبز شدن و توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای شده و با استقرار بهتر و رشد سریع‌تر گیاه، شانس بقاء و تولید ماده خشک در شرایط تنش خشکی را افزایش می‌دهند (Hidalgo et al., 2005).



شکل 8- روند تغییرات تجمع وزن خشک (TDM) دو گونه آویشن در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی (الف)، گونه (ب) و سطوح کود دامی (ج)

Fig. 8- The changes of leaf Total Dry Matter (TDM) of two thymus species at different treatments, water stress (a), species (b) and manure (c)

جدول 4- آنالیز واریانس (میانگین مربعات)تغییرات نسبت وزن برگ (LWR) و وزن خشک کل (TDM) دو گونه آویشن تحت تنش خشکی و کود دامی

Table 4-Analysis of variance (means of squares) for the LWR and TDM in this study of two thymus species affected as water stress and manure

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	نسبت وزن برگ Leaf weight ratio — روزهای پس از کاشت Days after emergence 30	60	90	120	150
تکرار Replication	2	0.0065**	0.0062**	0.0029*	0.0012 ns	0.0029*
تنش رطوبتی Water stress	2	0.00162 ns	0.00054 ns	0.0017*	0.0016*	0.0024*
گونه Species	1	0.068**	0.10**	0.075**	0.055**	0.039**
کود دامی Manure	1	0.000002 ns	0.000019 ns	0.00062 ns	0.00039 ns	0.00008 ns
تنش رطوبتی × گونه Water stress× Species	2	0.000083 ns	0.00017 ns	0.0012 ns	0.0014 ns	0.00048 ns
تنش رطوبتی × کود دامی Water stress × Manure	2	0.00011 ns	0.00055 ns	0.00063 ns	0.00041 ns	0.0017 ns
گونه×کود دامی Species× Manure	1	0.00029 ns	0.00050 ns	0.0044**	0.0022 ns	0.0041*
تنش رطوبتی×گونه×کود دامی Water stress× Specie ×Manure	2	0.00014 ns	0.00034 ns	0.00028 ns	0.00043 ns	0.0017 ns
خطای باقیمانده Error	22	0.00060	0.00024	0.00055	0.00053	0.00085
ضریب تغییرات C.V (%)		7.49	4.7	7.39	7.09	9.07

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک کل Total dry matter 30	60	90	120	150
تکرار Replication	2	1729.77**	1529.38**	884.85**	659.35 ns	668.66*
تنش رطوبتی Water stress	2	3851.52**	5035.46**	12063.57**	14260.58**	16003.54**
گونه Species	1	88725.01**	107417.65**	215203.21**	247102. 3**	260808.5**
کود دامی Manure	1	4630.27**	5306.28**	9718.6**	10867.14**	11946.58**
تنش رطوبتی × گونه Water stress ×Species	2	539.66*	663.18**	2958.84**	3254.19**	3344.49**
تنش رطوبتی × کود دامی Water stress× Manure	2	10.38 ns	11.92 ns	7.13	4.87 ns	7.04 ns
گونه×کود دامی Species ×Manure	1	190.03 ns	168.95 ns	914.15*	925.19*	936.97*
تنش رطوبتی×گونه×کود دامی Water stress× Specie ×Manure	2	1.8 ns	3.53 ns	15.08	38.30 ns	35.86 ns
خطای باقیمانده Error	22	97.62	102.98	191.79	197.36	189.16
ضریب تغییرات CV (%)		8.41	7.76	8.12	7.52	7.05

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد هستند.

*and **: Significant at the 5% and 1% probability levels and ns: Non- Significant, respectively.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه می‌توان چنین اظهار داشت که در مدیریت تولید این گیاه بیشترین عملکرد اندام هوایی در اواخر مرحله رشد گیاه (گلدهی کامل) قابل حصول می‌باشد با این حال تنش رطوبتی به طور مؤثری باعث کاهش وزن خشک کل هر دو گونه آویشن باغی و دنایی گردید و این امر بیانگر لزوم کشت این گیاه دارویی در شرایط مناسب رطوبتی می‌باشد. هر چند در شرایط تنش رطوبتی عملکرد کمی گونه‌های آویشن مورد مطالعه کاهش پیدا کرد در مقابل نتایج نشان‌دهنده تأثیر مثبت کود دامی بر روی صفات رشدی دو گونه مورد مطالعه بود و تیمار 30 تن در هکتار کود دامی بیشترین وزن خشک اندام هوایی را به خود اختصاص داده و تفاوت معنی‌داری با تیمار عدم کاربرد کود دامی دارا بود. کود دامی احتمالاً با افزایش مواد آلی خاک موجب افزایش درصد خلل و فرج خاک و در نهایت رشد و گسترش بیشتر ریشه گیاهان در خاک شده و جذب آب و عناصر غذایی در گیاه را بهبود بخشیده و باعث بهبود شرایط و افزایش عملکرد کمی گردیده. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد کود دامی تأثیر مثبتی بر وزن خشک دو گونه آویشن باغی و دنایی دارا بوده است. اصلاح خصوصیات فیزیکی خاک و قابلیت دسترسی گیاه آویشن به عناصر غذایی بیشتر شاید دلیل عمده افزایش وزن خشک و رشد گیاه بوده است. به همین دلیل مصرف کودهای دامی در مدیریت منابع غذایی و رطوبتی و در شرایط تنش رطوبتی جهت حصول عملکرد کمی مطلوب قابل توصیه می‌باشد. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که دو گونه مورد مطالعه با توجه به دارا بودن طول دوره رویش یکسان، اختلاف قابل ملاحظه‌ای را در شاخص‌های رشدی و وزن خشک کل دارا بودند که گونه آویشن دنایی در نهایت بدلیل دارا بودن LAI، CGR، RGR، NAR، SLA و درنهایت، دارا بودن تجمع وزن خشک بالاتر نسبت به گونه آویشن باغی برتری داشت و به عنوان گونه برتر در این آزمایش معرفی می‌گردد. بنابراین با توجه به تأثیر بسیار زیاد تنش خشکی بر گیاهانو قرارگیری بخش زیادی از ایران در مناطق خشک و نیمه خشک و نقش مهم تنش رطوبتی بر عملکرد کمی مطالعه ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی در گونه‌های گیاه دارویی آویشن امری لازم و ضروری می‌باشد.

منابع

Abou El-Magd, M.M., El-Bassiony, A.M., and Fawzy, Z.F. 2006. Effect of organic manure with or without chemical fertilizers on growth, yield and quality of some varieties of broccoli plants. Journal of Applied Science Researces 2 (10): 791-798.

Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environmental and Experimental Botany 59: 206-216.

Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Jamialahmadi, M., and Mahmoodi, S. 2016. Assessment of changes in yield components, yield and some physiological traits of *Thymus vulgaris* and *Thymus daenensis* under drought stress and application of manure. Environmental Stresses in Crop Science Journal 11(1): 47-63. (Persian with English Summary)

Bahreininejad, B., Razmjoo, J., and Mirza, M. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production 7 (1): 151-166.

Bahreininejad, B., Razmjoo, J., and Mirza, M. 2015. Influence of water stress on physiological growth indices in *Thymus kotschyanus* Boiss. Iranian Journal of Plant Process and Function 3 (7): 67-79. (Persian with English Summary)

Beheshti, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2002. The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. Seed and Plant 18 (4): 417-431. (In Persian with English Summary)

Cakir, R. 2004. Effect of water Stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89: 1-16.

Chapman, P., and Westgate, M.E. 1993. Water deficit affects receptivity of maize silk. Crop Science 33: 279-282.

Corticchiato, M., Tomi, F., Bernardini, A.F., and Casanova, J. 1998. Composition attnd infra specific variability of essential oil from *Thymus herbabarona* Lois. Biochemical Systematics and Ecology 26: 915-932.

Daneshian, J., Ardakani, M.R., and Habibi, D. 2005. Drought stress effects on yield, quantitative characteristics of new sunflower hybrids.The2, International Conference on Integrated Approaches to Sustain and Improve Plant Production under Drought Stress. Roma. Italy. P. 406.

English, M.J., and James, L. 1990. Deficit irrigation. П: Observation on Colombia basin. ASCE, Journal of Irrigation Drainage 116: 413-426.

Fallah, A., Ghalavand, M., and Khajehpour, R. 2007. Effects of animal manure incorporation methods and its integration with chemical fertilizer on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) in Khorramabad, Lorestan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40 (11): 233-243. (In Persian with English Summary)

Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G., and Scheffer, J.J.C. 2008. Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. Flavour and Fragrance Journal 23 (4): 213-226.

Ghasemi Pirbalouti, A., Hashemi, M., and Taherian Ghahfarokhi, F. 2013. Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. Industrial Crops and Products 48: 43-48.

Goldani, M., and Rezvani, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Journal Agriculture Science Nature Resource 14: 229-242. (In Persian with English Summary)

Gordner, F., Pearce, R., and Mitchell, R.L. 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Ames USA.

Haggai, P.T. 2004. Effects of nitrogen and phosphorus application on yield attributes and seed yield of Sesame (*Seasmum indicum* L.) in Northern Guinea Savanna of Nigeria. Proceedings of 38th Annual Conference of the Agricultural Society of Nigeria (ASN). Lafiya, Nasarawa State, Nigeria P.150-157.

Hendawy, S.F., Azza, A.E., Aziz, E., and Omer, E.A. 2010. Productivity and oil quality of *Thymus Vulgaris* L. under organic fertilization conditions. Ozean Journal of Applied Sciences 3 (2) 203-216.

Hidalgo, P., Sindoni, M., Matta, F., and Nagel, D.H. 2005. Earthworm Casting Increase Germination Rate and Seedling Development of cucumber. Journal of Plant Production 3(1): 28-41.

Hossain, M., Sarkar, M., and Paul, S. 2011.Growth Analysis of Late Transplant Aman Rice (cv. BR23) Raised from Tiller Seedlings. Libyan Agriculture Research Center Journal International 2(6): 265-273.

Jaleel, C., Gopi, R., Kishorekumar, A., Manivannan, P., Sankar, B., and Panneerselvam, R. 2008. Interactive effects of triadimefon and salt stress on antioxidative status and ajmalicine accumulation in Catharanthus roseus. Acta Physiology of Plantarum 30 (3): 287-292.

Karimi, M.M., and Siddique, H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old modern wheat cultivars. Australian Journal Agricultural Research 42: 783-788.

Kibe, A. M., Singh, S., and Kalra, N. 2006. Water– nitrogen relationships for wheat growth and productivity in late sown conditions. Agricultural Water Management 84:221–228.

Letchamo, W. 1995. A comparative study of chamomile yield, Essential oil and flavonoids content under two sowing season and nitrogen levels. Acta- Horticulutre 306: 375-384.

Macilwain, C. 2004. Is organic farming better for the environment? Natural Journal 428: 797-798.

Mandal, K., Saravanan, R., and Maiti, S. 2008. Effect of different levels of N, P and K on downy mildew (*Peronospora plantaginis*) and seed yield of *Plantago ovata*. Crop Protection 27(6): 988-995.

Nouri azhar, J., and Ehsanzedeh, P. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Esfahan region. Journal Science and Technology 41: 261-272.

Panahyan, M., and Jamaati, S.H. 2009. Study of variation trend of growth indices in lentil under drought stress. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 4314-4326.

Pandy, R.K., Maranvill, J.W., and Chetima, M.M. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth, nitrogen uptake and water extraction. Agricultural Water Management 46: 15-27.

Pannu, R.K., and Singh, D.P. 1993. Effect of irrigation on water use efficiency, growth and yield. I. mung bean. Field Crop Research 31: 87-100.

Pardo, A., Amato, M., and Chiaranda, F.Q. 2000. Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 13 (1): 39-45.

Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S., and Mohammadi, A. 2006. Essential oil content and composition of german Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. Agronomy Journal 5(3):451-455.

Pulleman, M.A., Jongmans, J., and Bouma, J. 2003. Effects of organic versus conventional arable farming on soil structure and organic matter dynamics in a marine loam in the Netherlands. Soil Use Management 19: 157-165.

Rahnama Ghahfarkhani, A. 2003. Effect of drought stress at different growth stages and its impact on corn yield and quality. School of Agriculture Tehran University P. 150.

Sanchez-Rodrguez, E., Rubio-Wilhelmi, M., Cervilla, L.M., Blasco, B., Rios, J.J., Rosales, M.A., Romero, L. and Ruiz, J.M. 2010. Genotypic differences in some physiological parameters symptomatic for oxidative stress under moderate drought in tomato plants. Plant Science 178: 30–40.

Saxena, M.P. 2003. Management of Agricultural Drought: Agronomic and Genetic Options. Science Publishers INC.

Shabiri, S., Ghasemi golazani, K., Golchin, A., and Saba, J. 2007. Effect of limit water on growth and yield three chickpea cultivars in Zanjan. Journal Agriculture Science Nature Resource 14: 34-47.

Shao, H.B., Chu, L.Y., Jaleel, C.A. and Zhao, C.X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus Biologies 331: 215–225.

Sharafzadeh, S., and Zare, M. 2011. Effect of drought stress on qualitative and quantitative characteristics of some medicinal plants from Lamiaceae family. Advances in Environmental Biology 5 (8): 2058-2062.

Stone, P.J., Sorenson, J.B., and Reid, J.B. 1998. Effect of plant population and nitrogen fertilizer on yield and quality of super sweet corn. Proc. Annual Conference Agronomy Society of New Zealand 28: 1-5.

Stone, P.J., Wilson, D.R., Jamieson, P.D., and Gillespie, R.N. 2001. Water deficit effects on sweet corn. Part II. Canopy development. Australian Journal of Agricultural Research 52: 115-126.

Tavakoli, H., Karimi, M., and Mosavi, S.F. 1989. Effect of irrigation regimes on vegetative and reproductive components of corn. Iranian Journal Agriculture Science 22: 35-46.

Tesar, M.B. 1984. Physiological Basis of Crop Growth and Development. Published American Society of Agronomy USA pp 404.

Turgut, I., Bilgili, U., Duman, A., and Acikgoz, E. 2005. Effect of green manuring on the yield of sweet corn. Agronomy Sustainable Development 25:1-5.

Warman, P.R., and Termeer, W.C. 2005. Evaluation of sewage sludge, septic waste and sludge compost applications to corn and forage: Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn and B content of crops and soils. Bioresource Technology 96 (9): 1029-1038.

Xu, Z., Zhou, G., and Shimizu, H. 2009. Are plant growth and photosynthesis limited by pre-drought following rewatering in grass? Journal of Experimental Botany 60: 3737–3749.

Yeboah, S., Berchie, J.N., Asumadu, H., Agyeman, K., and Acheampong, P.P. 2014. Influenced of inorganic fertilizer productions on the growth and yield of tomatos (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences 1(7): 499-506.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.2, Summer 2019, p. 703-721

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 11، شماره 2، تابستان 1398، ص 703-721

Effects of water stress and application of manure on growth indices and accumulation of dry matter of *Thymus vulgaris* and *Thymus daenensis*

M. Askary[1], M.A. Behdani[2*], S. Parsa[3], M. Jamialahmadi[4] and S.Mahmoodi[4]

Submitted: 10-03-2017
Accepted: 02-07-2017

Askary, M., Behdani, M.A., Parsa, S., Jamialahmadi, M., and Mahmoodi, S. 2019. Effects of water stress and application of manure on growth indices and accumulation of dry matter of *Thymus vulgaris* and *Thymus daenensis*. Journal of Agroecology. 11 (2):703-721.

Introduction

Environmental stress is one of the main factors limiting the growth and production of crops in the world. In general, water is one of the most effective factors on a total dry matter (TDM) and water stress on plants can reduce the crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), leaf area index (LAI) and total dry matter (TDM). One of the most accurate ways to study the responses of plants to environmental condition is evaluation of growth indices. Sanchez-Rodrigo et al. (2010) reported that in water stress condition that reduced moisture for plants, manure might help plants to maintain their moisture content, provide water for plant and is effective in reducing the negative effects of water stress. Due to the water stress influences on plant growth, measurement of TDM of medicinal herbs like thyme is of vital importance to evaluate the effect of water stress on plans. The quality of medicinal plants is largely determined by the relevant natural compounds (secondary metabolites) and the quantity and quality of these compounds are determined by environmental factors such as water availability. In general, water reduction in plant tissues reduces the growth of different parts of the plant like the roots and aerial organs of the plant. In this regard, Sharafzadeh & Zare (2011) reported that drought stress reduces dry weight and height of *Thymus vulgaris*. Given that the large parts of Iran's lands are situated in the arid and semi-arid regions. Therefore evaluating the effect of drought stress on qualitative and quantitative changes in medicinal plant species of thyme is important.This study aimed at examining the effects of water stress and manure on some the growth indices and TDM of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris*.

Materials and methods

In order to evaluate the effect of water stress and manure on some of the growth indices and accumulation of total dry matter of *Thymus daenensis* and *Thymus vulgaris* an experiment was conducted as factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications in the Agriculture research field of the University of Birjand, located at latitude 53°: 32N, longitude 13:55°E and altitude 1480 m above sea level in 2015. Experimental factors were including water stress (100%, 67% and 33% of field capacity), two species of thyme (*Thymus vulgaris* L. and *Thymus daenensis* Celak.) and manure at two levels (30 tons.ha^{-1} and No manure).

Results and discussion

The results showed that water stress reduced traits such as LAI, CGR, NAR, SLA, LWR and TDM and only non-significant effect on RGR. In all traits the highest and lowest amount obtained from 100% FC (normal condition) and 33% FC (The highest level of water stress) respectively. The higher LAI, CGR, RGR, NAR, and SLA in the normal condition (100% FC) might be due to better availability to water and food and the result of efforts to expand the plant canopy. TDM decreased 26.56 percent with increasing stress from 100 to 33% field capacity. Manure treatment had a positive impact on growth indices and the highest the and lowest amount of growth indices and TDM obtained from of 30 ton.ha^{-1} manure. So the application of manure to the soil in water shortage conditions is recommended to achieve the highest TDM.

1, 2, 3 and 4- PhD of Agronomy, Professor, Assis. Prof and Assoc. Prof. of Agronomy and Plant Breed. University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v11i2.63227

Conclusions

In the current study, the highest TDM obtained from 30 ton.ha^{-1} manure that having a significant difference with the situation where no manure. The TDM and growth indices increased after the soil physical properties were modified and nutrient available for thyme in the manure treatment. In between the two species, *Thymus daenensis* showed the highest growth indices (With the exception of LWR) compared to the *Thymus vulgaris*. Therefore, we can say that *Thymus daenensis* can introduce superior species when exposed to water stress.

Keywords: Crop growth rate (CGR), Leaf area index (LAI), Relative growth rate (RGR)